

А.З. Ибраимова¹, О.В. Селиванова^{1*}, В.А. Хотин¹, Н.В. Гущина²

¹ Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

² Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург

*sov23@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 37ХГФ

В работе исследованы механические свойства конструкционной стали 37ХГФ после термической обработки и ионной имплантации. С помощью оптической и электронной микроскопии изучена микроструктура стали 37ХГФ после различных режимов обработок.

Ключевые слова: среднеуглеродистая сталь, закалка, отпуск, мартенсит, ионная имплантация.

A.Z. Ibraimova, O.V. Selivanova, V.A. Khotinov, N.V. Guschina

STUDY OF THE INFLUENCE OF THERMAL AND RADIATION EFFECTS ON THE 37HGF STEEL STRUCTURE AND PROPERTIES

The mechanical properties of 37HGF construction steel after heat treatment and ion implantation were investigated. By means of optical and electron microscopy the microstructure of 37 HGF steel was studied after various treatments

Key words: medium carbon steel, quenching, tempering, martensite, ion implantation.

Термическая обработка является традиционным методом получения оптимальных структуры и свойств материала. Весьма перспективным является также использование нетрадиционных методов, таких как лазерная обработка, обработка интенсивными потоками плазмы, ионно- или электронно-лучевая обработка. Особый интерес представляет ионная имплантация, поскольку ионно-лучевая обработка позволяет модифицировать не только приповерхностный слой, но в ряде случаев и весь объем материала [1].

Образцы исследуемой стали 37ХГФ подвергали закалке от $t_n = 850^\circ\text{C}$ и отпуску при $t_n = 650^\circ\text{C}$, с выдержкой 5, 15, 60 минут. Образцы после закалки и отпуска подвергались облучению ионами аргона по различным режимам.

С помощью просвечивающей электронной микроскопии обнаружено, что в стали 37ХГФ после закалки от 850 °С образуются кристаллы мартенсита шириной 0,3–0,5 мкм. После отпуска (при 650 °С и $\tau_{\text{выд}} = 15$ мин) сохраняются реечные кристаллы α -фазы. Внутри и по границам α -фазы наблюдаются частицы цементита. Облучение закаленных образцов ($E = 25$ кэВ, $j = 350$ мкА/см², без выдержки) приводит к нагреву стали до температуры 650 °С, что не вызывает изменения морфологии α -фазы (рис. 1). Выдержка $\tau = 15$ мин при 650 °С приводит к распаду мартенсита с образованием частиц цементита размером 0,1–0,2 мкм.

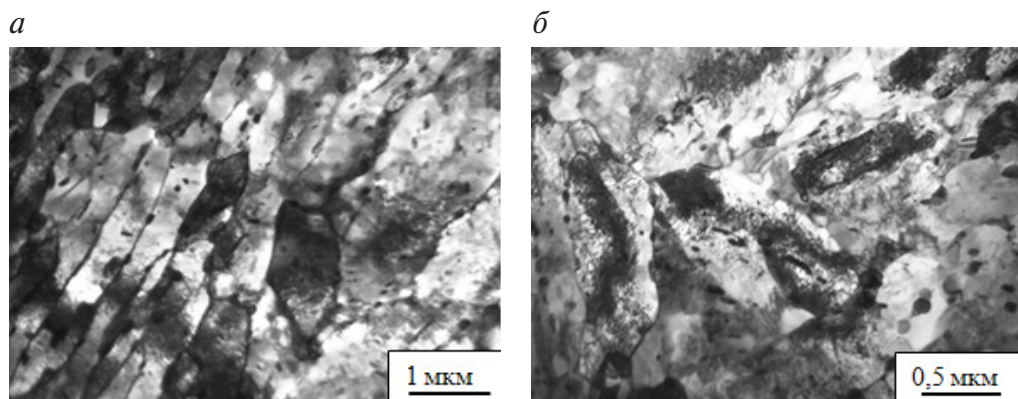


Рис. 1. Микроструктура исследуемой стали после различных обработок:
а — закалка и отпуск; б — закалка и облучение

Найдено, что твердость исследуемой стали после закалки (57 ± 2) HRC. Облучение в режиме $E = 25$ кэВ, $j = 350$ мкА/см² с нагревом до 400 °С снижает твердость до (50 ± 2) HRC. Облучение в режиме $E = 20$ кэВ, $j = 300$ мкА/см² при нагреве до 650 °С без выдержки приводит к уровню твердости (40 ± 2) HRC. Выдержка в течение 5, 15 минут при температуре облучения 650 °С с последующим охлаждением на воздухе не приводит к изменению твердости ((41 ± 2) HRC).

Установлено, что после отпуска при температуре 650 °С и $\tau_{\text{выд}} = 15$ мин твердость (33 ± 2) HRC. Облучение в режиме $E = 20$ кэВ, $j = 300$ мкА/см² с нагревом до 80 и 200 °С после отпуска приводит к повышению твердости до (41 ± 2) HRC. После отпуска при температуре 650 °С и $\tau_{\text{выд}} = 60$ мин твердость (27 ± 2) HRC. Последующее облучение в режиме $E = 20$ кэВ, $j = 300$ мкА/см² с нагревом до 80 и 200 °С приводит к увеличению твердости до (35 ± 2) HRC и (41 ± 2) HRC соответственно.

Показано, что сталь 37ХГФ после закалки от 850 °С и отпуска при 650 °С и $\tau_{\text{выд}} = 60$ мин имеет комплекс свойств: $\sigma_{0,2} = 850$ МПа,

$\sigma_b = 910$ МПа, $\delta = 16\%$, $\psi = 51\%$. Облучение ($E = 25$ кэВ, $j = 350$ мкА/см², $t_n = 650$ °С без выдержки) после закалки повышает прочностные свойства ($\sigma_{0,2} = 895$ МПа, $\sigma_b = 957$ МПа) и незначительно снижает пластичность ($\delta = 11\%$, $\psi = 37\%$).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Риссел Х., Ругге И. Ионная имплантация. М. : Наука, 1983. 359 с.